

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA análise de dados de satélite



DGRM

Avenida Brasília 1449-030 Lisboa Portugal Tel.: +351 213 035 700 Fax: +351 213 035 702 dgrm@dgrm.mam.gov.pt www.dgrm.mam.gov.pt

SOPHIA sophia-dqem@dgrm.mam.gov.pt www.sophia-mar.pt

COPYRIGHT

Logótipo SOPHIA ® DGRM 2016. Todos os direitos reservados. Marca registada. Não é permitida qualquer reprodução ou retroversão, total ou parcial, do logótipo SOPHIA sem prévia autorização escrita do Editor.

Exercícios do Módulo de Formação em Sistemas de Informação Geográfica: Análise de Dados de Satélite. Licença Creative Commons Atribuição Não Comercial Compartilha Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)





Título

Exercícios do Módulo de Formação em Sistemas de Informação Geográfica: Análise de Dados de Satélite

Autores

Cristina Lira¹, Ana Nobre Silva¹, Rui Taborda¹

¹ IDL - Instituto Dom Luiz, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Coordenação dos Exercícios do Módulo de Formação Cristina Lira

Coordenação do Projeto SOPHIA na FCUL Ana C. Brito

Edição

DGRM - Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimo Edição Eletrónica - 2016

Design Gráfico

ESCS - Escola Superior de Comunicação Social (coordenação: João Abreu; paginação: Joana Souza; infografia: Ricardo Rodrigues; colaboração: Joana Paraíba, Joana Torgal Marques, Pedro Ribeiro, Renata Farinha, Rita Oliveira)

Referência ao Guia Técnico

Lira, C., Silva, A.N. e Taborda, R. (2016). Exercícios do Módulo de Formação em Sistemas de Informação Geográfica: Análise de Dados Satélite. DGRM, Lisboa, Portugal. E-book disponível em www.sophia-mar.pt.

ISBN

978-989-99601-6-9

Documentação de apoio ao módulo de formação SOPHIA – Sistemas de Informação Geográfica: Análise de Dados de Satélite.

Informação Copyright

As imagens e ícones do *software* ArcGIS® utilizados nos execícios são para exemplificação exclusiva do uso e análise de dados de satélite. O ArcGIS® é propriedade intelectual da ESRI e é aqui utilizado sob licença. *Copyright* © Esri. Todos os direitos reservados.



EXERCÍCIO 1 Sistemas de Informação Geográfica o dados do satélito	4
1.1 Sistemas de Informação Geográfica e dados de satélite	14
EXERCÍCIO 2 Análise de Imagem em ambiente SIG	19
EXERCÍCIO 3 Correções geométricas em imagens óticas	27
EXERCÍCIO 4 Correção radiométrica	34
EXERCÍCIO 5 Plumas túrbidas	42
EXERCÍCIO 6 Mapeamento dos fundos marinhos	48
EXERCÍCIO 7 Mapeamento de manchas de óleo - imagens SAR	58
EXERCÍCIO 8 Dados multidimensionais	66





Exercício 1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E DADOS DE SATÉLITE



Objetivos

Este exercício pretende ilustrar as potencialidades do programa ArcMap na visualização e manipulação de dados de satélite.

Serão explorados resultados obtidos por diferentes tipos de sensores instalados em diferentes satélites.

Serão abordados os conceitos de banda, número de bandas, resolução espacial, espectral e radiométrica.

Serão também apresentados os processos de otimização que o *ArcMap* dispõe para adicionar e visualizar dados de sensores/satélites específicos.

A. ABRIR E EXPLORAR DADOS DE SATÉLITE

1. Abrir e explorar imagens de sensores óticos

1.1 Descarregar uma imagem Landsat 8 OLI/TIR

As imagens do programa Landsat são fornecidas em formato Geotiff, um formato específico das imagens TIFF (*Tagged Image File Format*) que contém informação do posicionamento da imagem.

a. Navegar para o endereço http://earthexplorer.usgs.gov/ e registar. No separador Search Criteria escrever no endereço um local à escolha e clicar Show. Em alternativa clicar sobre o mapa no local onde pretender fazer a busca de imagens disponíveis, e.g. Lisboa. Irá aparecer Lisboa, Portugal. Clicar nesse endereço (Figura 1, esquerda). b. Clicar no botão *Data Sets*, abrir o separador *Landsat Archive* e selecionar a opção L8 OLI/TIRS (Figura 1, direita).



Figura 1 - Página inicial do sítio do EarthExplorer onde se faz a seleção do tipo de imagem e sensor disponível.

- c. Clicar no botão *Results*. Esta ação irá gerar uma pesquisa de todas as imagens Landsat que incluem esta região.
- d. Descarregar uma imagem à escolha, de preferência uma que apresente pouca cobertura nublosa. Nas opções de download selecionar *Level 1 Product GeoTIFF Data Product*, de forma a descarregar a imagem Landsat em formato *Geotiff* com a correção geométrica (*Level1* – para mais informações sobre os diferentes níveis de correção leia o ficheiro README). Guardar a imagem numa pasta denominada Landsat / L8.



Level 1 Product Generation System (LPGS) apresentam os seguintes parâmetros de processamento:

- GeoTIFF como formato de saída;
- Método de reamostragem: Cubic Convolution (CC);
- Tamanho do píxel: 30 m (sensores TM, ETM+/OLI) e 60 m (MSS) (bandas refletivas);
- Projeção: Universal Transverse Mercator (UTM); (projeção Polar Stereographic para cenas cujo centro apresenta latitudes maiores ou iguais a 63.0 graus)
- Datum: World Geodetic System (WGS) 84;
- Orientação da imagem com norte no topo.

Mais informações em http://landsat.usgs.gov/Landsat_Processing_Details.php

A imagem a descarregar terá aproximadamente 800Mb (depende da imagem escolhida), pelo que deverá demorar um pouco a carregar.

e. Descomprimir a pasta que acabou de descarregar.

1.1.1 Explorar a imagem Landsat8 no ArcMap

- a. Abrir o ArcMap.
- b. Explorar as diferentes bandas no *Catalog*. Através do *browser* do *Catalog* navegar até à pasta onde guardou e descomprimiu a imagem, abrir a pasta com a imagem Landsat8 que deverá ter o nome LC8XXXXXXLGN00.
- c. Verificar qual o tipo de formatos *raster* presentes e as suas extensões.
 - □ LC82040332015145LGN00
 □ LC82040332015145LGN00_B1.TIF
 □ LC82040332015145LGN00_B10.TIF
 □ LC82040332015145LGN00_B11.TIF
 □ LC82040332015145LGN00_B2.TIF
 □ LC82040332015145LGN00_B3.TIF
 □ LC82040332015145LGN00_B4.TIF
 □ LC82040332015145LGN00_B4.TIF
 □ LC82040332015145LGN00_B5.TIF
 □ LC82040332015145LGN00_B7.TIF
 □ LC82040332015145LGN00_B7.TIF
- d. Quais os ficheiros que correspondem às bandas do sensor OLI e TIRS? Usar a Tabela 1, no final deste documento, como auxiliar.
- e. Adicionar as bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 da imagem Landsat ao *Data Frame* selecionando e arrastando os ficheiros. Explorar os níveis matriciais que descarregou.
- f. Identificar a resolução espacial, a resolução radiométrica, o sistema de coordenadas de cada uma das bandas e comparar com os dados da Tabela 1.
 Sobre cada um dos ficheiros, BLDR ▶ Properties ▶ separador Source.
- g. O que significa Pixel Depth de 16 bits?

1.1.2 Funcionalidades do raster product

O *Arcmap* apresenta uma forma mais rápida e fácil de proceder à adição de *raster datasets* ao georreferencial usando a funcionalidade *raster product* **a** Esta funcionalidade permite reconhecer automaticamente a informação contida no ficheiro de metadados de determinados sensores, proporcionando a individualização de bandas por características destes.

No caso específico das imagens do programa Landsat, o *software* reconhece automaticamente este tipo de imagens e apresenta já as combinações mais utilizadas entre algumas das bandas¹, bem como a diferenciação entre bandas de diferentes características.

a. No *Catalog* clicar 2 vezes sobre o *raster product* **.** Verificar que esta funcionalidade apresenta vários *raster datasets* diferentes.

b. Adicionar o *raster dataset Multispectral* ao georreferencial. Abrir as propriedades da camada e verificar que bandas estão representadas.

Properties ► *Symbology* ► *Band* (Figura 2). As restantes bandas do sensor OLI estão também presentes para representação?

	Layer Properties	×
General Source Key Me	etadata Extent Display Symbology Functions	
how: Stretched	Draw raster as an RGB composite	;
GD Composite	Channel Band	^
	Red Red	
	✓ Green CoastalAerosol	
	Blue Blue	
	L Alpha Green	
	Display Background Va 🖌 Red	
	G, B) NearInfrared	
	ShortWaveInfrared_1	
	Stretch ShortWaveInfrared_2	
	Type: Percent Clip Cirrus	
	min: 0.25 max: 0.25 Invert	
	Apply Gamma Stretch: 1.5614: 1.56141 1.56141	
103	Statistics From Each Raster Dataset V	
bout symbology	Red Green Blue	~
	OK Cancelar	Aplicar

Figura 2 - Propriedades da camada.

- c. Adicionar o *raster dataset Panchromatic* ao georreferencial. Neste caso estão representadas quantas bandas?
- d. Adicionar o raster dataset Thermal ao georreferencial. Verificar que bandas estão representadas e as características delas. As características mantém-se em relação às bandas anteriormente adicionadas? Comparar com as características apresentadas na Tabela 1.
- e. Adicionar o *raster dataset Pansharpen*. Fazer *zoom* sobre uma zona específica. Verificar a resolução espacial e tentar interpretar a diferença entre esta camada e a camada *Multispectral*.

¹ A temática relacionada com as combinações entre diferentes bandas encontra-se mais desenvolvida no exercício 2.

- 1.2 Descarregar e explorar uma imagem Landsat 7
- a. No *EarthExplorer* descarregar a imagem Landsat 7 *Level 1*, da ilha da Madeira, de 28 de Março de 2010. Guardar a imagem numa pasta denominada Landsat / L7.
- b. Abrir o raster dataset Multispectral desta imagem. Nota alguma diferença entre esta imagem e uma correspondente Landsat 8? A que se deve essa diferença?
- c. Comparar a resolução espacial, espectral e radiométrica destas imagens com as da imagem Landsat 8. Há diferenças a registar? Em caso afirmativo quais? Usar como auxílio as Tabelas 1 e 2 (no final deste documento).
- d. Abrir o *raster dataset Pansharpen*. Usando a ferramenta *Measure* 🚞 , estimar o comprimento da praia da Ilha do Porto Santo.

1.3 Descarregar uma imagem MODIS AQUA.

Os conjuntos de dados nível 2 e 3 (*Level 2 e 3*) do sensor MODIS a bordo do satélite AQUA são fornecidas no formato HDF. O HDF é um formato de arquivo que permite armazenar estruturas de dados multiobjeto, tais como imagens *raster*, matrizes multidimensionais ou tabelas binárias. Existem diferentes tipos de modelos HDF, e o ArcGIS permite ler os formatos HDF4 e HDF5. Os ficheiros HDF são lidos pelo ArcGIS como rasters do tipo *raster with subdatasets*, mas nem todos os arquivos HDF são *subdatasets*. Este tipo de formato tem uma estrutura de dados que permite múltiplos conjuntos de dados (*subdatasets*) num único ficheiro. Cada um destes ficheiros pode corresponder a apenas uma banda ou a múltiplas bandas.

- a. Navegar até ao endereço http://glovis.usgs.gov/. (Nota: O *browser* Chrome apresenta alguns problemas na deteção da extensão Java que permite aceder ao catálogo de imagens, neste sentido aconselha-se o uso do *Internet Explorer*).
- b. No separador Collection escolher a opção MODIS Aqua ► MYDO9A1 (MO-DIS/Aqua Surface Reflectance 8-Day L3 Global 500m SIN Grid) que corresponde ao nível 3 de refletância diária global. Na informação geográfica colocar latitude 45.0 e longitude -7.1. Escolher a imagem da data 2014/03/06. Descarregar a imagem fazendo Add ► Send to Cart ► Proceed To Chekout ► Submit Order (se pedido, fazer o registo com as credenciais fornecidas para o EarthExplorer). Um endereço será enviado para o e-mail de registo para proceder ao download da imagem. Guardar a imagem numa pasta denominada de MODIS / L3.

c. Consultar as caraterísticas desta imagem em:

https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mod09a1. Este produto apresenta, em cada *píxel* a melhor observação possível L2G durante um período de 8 dias. Os produtos L2G apresentam valores de refletância espectral à superfície, tal como seria medida ao nível do solo na ausência de dispersão atmosférica ou absorção:

a. Quantas bandas esta imagem tem? Qual a resolução espacial?

As características dos produtos MODIS podem ser consultadas em: https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table.

d. Adicionar a imagem MODIS AQUA ao ArcMap usando o botão Add Data . Como se trata de um raster with subdatasets, abrir a janela que permite escolher os subdatasets. Escolher os 7 primeiros, que correspondem às 7 bandas previamente identificadas. Observar se existem diferenças entre a informação carregada e a consultada na página das características das imagens.

2. Descarregar, abrir e explorar imagens RADAR - SAR

2.1 Descarregar uma imagem do sensor ASAR a bordo do satélite Envisat Envisat (*Environmental Satellite*) era um satélite de observação da Terra da Agência Espacial Europeia (ESA) com 10 instrumentos a bordo, cuja missão teve início em 2002 e terminou em 2012. O ArcGIS permite ler imagens de alguns destes sensores, tal como imagens nível 1 do sensor ASAR (*Advanced Synthetic Aperture Radar*), algumas imagens do sensor MERIS (*Medium Resolution Imaging Spectrometer*) e produtos AATSR (*Advanced Along Track Scanning Radiometer*).

- a. Navegar até: https://earth.esa.int/web/guest/data-access/sample-data/-/asset_publisher/tg8V/content/prestige-oil-spill-galicia-spain-1623?p_r_p_564233524_assetIdentifie#_56_INSTANCE_z3vD_matmp
- b. Em Available Sample Data escolher ASAR.
- c. Descarregar a imagem ASAR Wide Swath (WS) ASA_WSM_1PXP-DE20021117_104431_000000672011_00180_03741_0009.N1.gz, que corresponde ao dia 17-11-2002.
- d. Descomprimir para uma pasta com o mesmo nome e adicionar a imagem ASAR ao georreferencial do ArcMap.
 - a. Que região está representada na imagem?
 - b. Qual a resolução espacial desta imagem? Compare com a resolução especificada nas características do sensor (Tabela 3).

3. Descarregar subprodutos de dados satélite

Para além das imagens de satélite disponíveis na internet para descarregar, existe também muita informação que é derivada, com maior ou menor processamento deste tipo de dados. Um dos portais que disponibiliza alguma desta informação na temática MAR é o portal *COPERNICUS MARINE ENVIRONMENT MONITORING SERVICE* (antigo MyOcean project). Neste portal, a informação *raster* vem fundamentalmente no formato NetCDF.

3.1 Abrir e explorar dados em formato NetCDF

O NetCDF é um formato de arquivo projetado para suportar a criação, acesso e partilha de dados científicos, muito utilizado pelos geocientistas, que suporta N-dimensões, i.e., X, Y, Z, tempo e outras dimensões, assim como variáveis múltiplas.

Ao contrário dos produtos *raster*, os ficheiros NetCDF não são adicionados ao georreferencial através do botão *Add Data* \blacklozenge . Em vez disso é necessário utilizar as ferramentas disponíveis na caixa de ferramentas *Multidimension Tools*. No entanto é possível arrastar um ficheiro NetCDF do *Windows Explorer* diretamente para a aplicação.

- a. Navegar até ao endereço http://marine.copernicus.eu/.
- b. Fazer o registo, caso ainda não esteja registado.
- c. Selecionar a área de pesquisa dos produtos disponíveis clicando no separador *IBERIA-BISCAY-IRELAND REGIONAL SEAS*.
- d. Selecionar o parâmetro Ocean Chlorophyll e nível de Processamento L4-OBS. Com estas opções deverá surgir apenas um produto. Explorar o produto NORTH ATLANTIC CHLOROPHYLL (OPTIMAL INTERPOLATION) -OCEANCOLOUR_ATL_CHL_L4_NRT_OBSERVATIONS_009_037.
- e. Clicar em MORE INFO para ver as características do produto.
- f. Qual é a sua cobertura temporal?
- g. Descarregar o produto. Faça *ADD TO CART* e *DOWNLOAD*. Guardar numa pasta designada MyOcean.
- h. Explorar o produto no ArcMap. Adicione o ficheiro NetCDF usando a ferramenta menta Make NetCDF Raster Layer incluída no grupo de ferramentas (toolset) Multidimension Tools. Use como variável CHL e em Output Raster Layer defina o nome "Clorofila". Clicar ok.
- Qual é a zona de Portugal que apresenta maior concentração de clorofila?
 Mudar a simbologia do tema para que as diferenças sejam mais percetíveis.
- j. Qual a zona, da total representada, que apresenta maiores concentrações de clorofila? Apresentar uma explicação possível para estas concentrações.

B. SISTEMATIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS

- 1. Que tipos de dados matriciais (raster) foram utilizados neste exercício?
- 2. Enumerar os satélites e sensores cujas imagens foram utilizadas neste exercício.
- Enumerar duas diferenças na resolução entre as imagens Landsat 7 e Landsat 8.
- 4. Definir resolução radiométrica.
- 5. Quantas bandas apresenta o sensor ótico do Landsat 8?

Landsat 8 Operational	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
(OLI)	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
and Thermal	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
Infrared Sensor	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
(TIRS)	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
Launched	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
February 11, 2013	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Tabela 1 - Bandas e respetivos comprimentos de onda das imagens Landsat 8 (retirado de http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php).

Enhanced Thematic	Landsat 7	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Plus	Band 1	0.45-0.52	30
(ETM+)	Band 2	0.52-0.60	30
	Band 3	0.63-0.69	30
	Band 4	0.77-0.90	30
	Band 5	1.55-1.75	30
	Band 6	10.40-12.50	60 * (30)
	Band 7	2.09-2.35	30
	Band 8	.5290	15

Tabela 2 - Bandas e respetivos comprimentos de onda das imagens Landsat 7

(retirado de USGS, Landsat Missions e disponível em: http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php).

PRODUCT ID	ASA_IMS_1P
NAME	ASAR image single-look complex
DESCRIPTION	This is a single-look, complex, slant-range, digital image generated from Level 0 ASAR data collected when the instrument is in Image Mode (7 possible swaths HH or VV polarisation). It is primarily intended for use in SAR quality assessment and calibration, and can be used to derive higher level products.
COVERAGE	100 km along-track * 56- 100 km across-track
GEOMETRIC RESOLUTION	Approximately 6 azimuth, programmed chirp bandwidth dependent slant range.
RADIOMETRIC RESOLUTION	1 look in azimuth, 1 look in range
PIXEL SPACING	Natural spacing in both Slant range and Azimuth. Azimuth pixel spacing depends on Earth-Satellite relative velocity and actual PRF.2. Slant range pixel spacing is given by ASAR sampling frequency (19.208 MHz)
SIZE	741 Mbytes

Tabela 3 - Características da imagem ASAR do tipo ASA_IMS_1P

(retirado de https://earth.esa.int/handbooks/asar/CNTR3-1-2.html e https://earth.esa.int/handbooks/asar/CNTR2-6-2.html#eph.asar.prodalg.levb.prod.highorg.img.stalone.prodtypes.slook).

Exercício 1.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E DADOS DE SATÉLITE

Objetivos Este exercício é a continuação do exercício 1, onde se pretende mostrar as características das imagens óticas do satélite *Sentinel* 2.

O satélite *Sentinel* 2 transporta um inovador sensor ótico de alta resolução com 13 bandas espectrais e corresponde ao segundo satélite de uma família de satélites, denominada *Sentinels*, que entrou em órbita em 23 de Junho de 2015.

As imagens Sentinel 2 podem ser obtidas de forma gratuita a partir do *Sentinels Scientific Data Hub* em <u>https://scihub.copernicus.eu</u>, mediante um simples registo prévio, e são fornecidas ao utilizador no formato JPEG2000 (.JP2).

A. DESCARREGAR E EXPLORAR UMA IMAGEM SENTINEL 2

1. Descarregar a imagem ótica Sentinel 2.

Pretende-se descarregar a imagem ótica *Sentinel* 2 do dia 29-11-2015 da região do Algarve.

- a. Navegar até ao *Sentinels Scientific Data Hub* usando o endereço <u>https://scihub.copernicus.eu</u>.
- b. Entrar no Scientific Hub.
- c. Caso ainda não tenha efectuado o seu registo no *Sentinels Scientific Data Hub*, registar, caso já esteja registado fazer *Login*.
- d. Fazer *zoom* na região do Algarve, como exemplificado na imagem da Figura 1 e com o rato desenhar um polígono de área de pesquisa.
- e. Colocar a referência S2MSI1C como critério de procura, o que corresponde a imagens *Sentinel* 2 nível de processamento L1C.

Figura 1 - Zoom na região do Algarve

- g. Proceder ao *download* do produto que apareceu com estes critérios de escolha usando o ícone de (*Download Product*) e guardar a imagem numa pasta denominada Sentinela2.

A imagem a descarregar tem cerca de 6.3 Gb pelo que pode demorar algum tempo a descarregar, consoante a ligação da Internet.

1.1 Abrir a imagem Sentinel 2 no ArcMap

Após descarregar a imagem é necessário descomprimir o ficheiro. As imagens *Sentinel* 2 são fornecidas ao utilizador no formato JPEG2000 (.JP2). Os produtos são uma compilação de grânulos elementares de tamanho fixo, dentro de uma única órbita. Um grânulo é a partição mínima indivisível de um produto (que contém as possíveis bandas espectrais). Para mais informações consultar <u>https://earth.esa.int/web/sentinel/user-quides/sentinel-2-msi/product-types</u>.

Neste exercício vamos abrir o grânulo correspondente à zona T29SNB.

- a. Dentro da pasta Sentinela2 navegar até à pasta GRANULE. Dentro desta pasta, abrir a pasta S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20151129T193058_A002279_T29SNB_N02.00. Dentro desta nova pasta aceder à pasta IMG_DATA. Esta pasta contém as 13 bandas em formato .JG2 que correspondem às 13 bandas do sensor MSI do Sentinel 2.
- **b.** Abrir estas 13 imagens, selecionando-as e arrastando-as para dentro do ArcMap.
 - 1.1.1 Explorar a imagem Sentinel 2 no ArcMap
 - a. Verificar a resolução espacial e radiométrica destas imagens.

B. SISTEMATIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS

1. Identificar as principais diferenças entre as imagens do sensor OLI do Landsat 8 e o sensor MSI do *Sentinel 2*, usando como suporte a Tabela 1 e a Figura 2.

Landsat 8 Operational	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
(OLI)	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
and Thermal	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
Infrared Sensor	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
(TIRS)	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
Launched	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
rebruary 11, 2015	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

 Tabela 1 - Bandas e respetivos comprimentos de onda das imagens Landsat 8 (retirado de http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php).

10 metre spatial resolution:

20 metre spatial resolution:

60 metre spatial resolution:

Figura 2 - Bandas e respetivos comprimentos de onda das imagens Sentinel 2 (retirado de ESA, Sentinel Online e disponível em https://earth.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial).

Exercício 2 ANÁLISE DE IMAGEM EM AMBIENTE SIG

Objetivos

Este exercício pretende introduzir a janela de Análise de Imagem (*Image* <u>Analysis</u>), uma ferramenta disponível no ArcMap que simplifica o processamento de camadas (*layers*) ou temas matriciais (*rasters* ou imagens).

Será dado destaque à visualização de imagens a partir da exploração do painel Display.

Neste exercício serão abordadas as operações de realce e composições coloridas, que permitem realçar determinada informação na imagem, apenas com operações simples e utilizando a informação de base das imagens.

A. ABRIR E EXPLORAR A JANELA IMAGE ANALYSIS

A janela de análise de imagem (*Image Analysis*) apresenta as ferramentas básicas para processar e analisar imagens de satélite (Figura 1).

Esta ferramenta permite aplicar processos como operações de realce, operações algébricas ou técnicas de fusão. Os processos são aplicados aos diversos tipos de dados *raster on the fly*, i.e., os dados originais permanecem inalterados e os resultados de processamento são adicionados como camadas temporárias ao georreferencial (*Data Frame*). Isto acontece porque estas ferramentas de processamento usam funções (*Functions*). Para guardar o resultado de forma definitiva é necessário exportar os dados.

	Image Analysis 📮 🗙
Options	C82040322013251LGN00_B1.TIF
	Layer List
	< Þ
	¥I
	Display
	0 10
	🌞 ······· 0
	Q
	γ
	Background
	Percent Clip 🗾 🔟
	Nearest Neighbor 👻
	Processing 🛛
	🐙 🖾 🖶 🕊 🗑 💋 🖧 🔒
	K
	Blend * ##
	Sharpen 🔻 🔻
	Mensuration 🖂
	🚥 🔐 🌺 🖶 I I I I I I
	Measure in 3D

Figura 1 - Janela de Análise de Imagem.

1. Adicionar a janela Image Analysis ao ArcMap

 a. Clicar no menu Windows ► *Image Analysis* e acoplar a janela a um dos lados da janela de aplicação do *ArcMap*.

A janela *Image Analysis* permite ter acesso às funcionalidades de processamento e análise de imagem de que o *ArcMap* dispõe. Esta interface é composta por 5 elementos principais: *Layer List, Options* e os painéis *Display, Processing* e *Mensuration*.

A *Layer List* permite ter acesso e visualizar todos os temas (*layers*) de natureza matricial (*raster*) incluídos no georreferencial (*Data Frame*) e torná-los visíveis (ou não). O botão *Options* permite configurar diferentes opções das ferramentas de processamento e análise de imagem.

Figura 2 - Image Analysis

O painel *Display* permite aceder a ferramentas para melhorar a visualização dos dados. O painel *Processing* apresenta um acesso fácil a técnicas de processamento de imagem mais frequentemente utilizadas, onde se inclui o recorte (*clipping*), ortorretificação, filtros de convolução e construção de mosaicos.

2. Explorar as funcionalidades da janela Image Analysis

A lista de camadas (*Layer list*) representa todas as camadas *raster* disponíveis no georreferencial, incluindo as do tipo *mosaic dataset*, serviços de imagens e camadas WCS. No entanto, uma camada do tipo *raster catalog* não é visível uma vez que não é reconhecida nem utilizada nesta janela. Embora a lista de camadas não substitua a tabela de conteúdos, permite aceder igualmente à lista de propriedades de cada camada, bem como remover camadas. Permite, adicionalmente, acelerar a visualização da camada que, quando ativa, apresenta o ícone 🐼.

- 2.1 Funcionalidades de visualização (display)
- a. Num novo projeto, adicionar o *raster product Multispectral* da imagem Landsat
 8 LC82040332015145LGN00, disponível na pasta Landsat8.
- c. Uma vez restabelecidos todos os valores anteriormente editados e mantendo o zoom na imagem ativar a opção DRA (*Dynamic Range Adjustment*). Esta opção permite realçar a imagem usando apenas os dados contidos na extensão do data *view*. Alterar o *zoom* da imagem e observar os resultados.
- **d.** Visualizar a imagem completa clicando no botão *Full Extent* . Ativar a opção *Background*. O que acontece à imagem?

O *Background* selecionado define o valor de fundo a O (padrão) e torna-o transparente para a camada selecionada. O valor de fundo padrão pode ser alterado nas propriedades da camada, no separador *Symbology*, ou definido/alterado para qualquer camada adicionada ao ArcMap em <u>Customize</u> ► <u>ArcMap Options</u> ► <u>Raster</u> ► <u>Raster Layer</u>.

B. OPERAÇÕES DE REALCE

As operações de realce permitem melhorar a capacidade de interpretação visual de uma imagem por um dos dois métodos: a) alteração de contraste da imagem e b) conversão de tons de cinza para representação de cores.

As operações de realce permitem ajustar os dados contidos nas imagens, dados estes que podem ser categorizados sob a forma de histogramas, com o objetivo de realçar determinados atributos das imagens. Desta forma a visualização e manipulação do histograma, caraterístico de cada banda e/ou imagem, é a forma mais eficiente de proceder a este destaque.

A ferramenta *Interactive Stretch* **k** abre a janela interativa que permite visualizar e modificar o intervalo máximo e mínimo de valores (expansão do contraste) de visualização de uma imagem. De uma forma muito simples, o *software* permite representar a imagem numa gama de valores que tem a ver com a sua resolução radiométrica real. Por exemplo, uma imagem de 8 bits tem 256 valores para representar a informação nela contida, mas nem sempre esses valores estão efetivamente presentes na imagem, ou interessam observar. A expansão linear de contraste permite a visualização numa gama de valores definida pelo utilizador (definindo um valor mínimo e um valor máximo) que é aplicada à totalidade de valores de visualização (e.g. 256). Esta operação vai realçar determinada informação que de outra forma estaria distendida ao longo do histograma.

- 2.2 Aplicação de diferentes tipos de realce
- Desativar a opção DRA, selecionar a opção *Background* e enquadrar a extensão total da imagem.
- b. Na janela Strecht (imediatamente à esquerda do botão) alternar entre as diferentes opções None, Min-Max, Std-dev, Hist-eq, Percent clip e Esri. Verificar e interpretar os diferentes resultados.
- c. Clicar no botão *Interactive Stretch* **L**. Definir manualmente os valores de corte nos histogramas das bandas que representam a imagem, até ficar sa-tisfeito com o resultado.

- c. Adicionar a banda 8 da imagem Landsat 8. Qual o valor mínimo e máximo que o Arcmap usa para representar a imagem?
- d. Existe alguma diferença nas janelas da ferramenta <u>k</u> em relação às duas imagens?

C. OPERAÇÕES DE REALCE - COMPOSIÇÃO COLORIDA

3. Diferentes composições coloridas

O produto matricial *Multispectral* da imagem Landsat 8 corresponde à combinação colorida das bandas **Vermelho-Verde-Azul**, também denominada como RGB (do inglês *Red-Green-Blue*). Esta composição colorida é designada por cor verdadeira ou composição RGB, pois corresponde ao posicionamento das bandas idêntico à forma como os nossos olhos percecionam a cor. Qualquer alteração, quer na ordem quer na informação espectral que compõe a imagem, produz uma imagem que será denominada de falsa cor. O olho humano reconhece muitas mais cores do que diferentes tons de cinzento, desta forma a variabilidade de cores pode ser utilizada para realçar pequenas diferenças entre níveis de cinzentos. O processo que transforma uma imagem originalmente em níveis de cinzento numa imagem em diferentes níveis de cor denomina-se por representação em pseudocor ou *pseudocolor*.

- 3.1 Composição colorida cor verdadeira
- a. Adicionar as bandas vermelho, verde e azul da imagem Landsat 8.
- b. Proceder à composição colorida em cor verdadeira: Selecionar, na lista de camadas da janela de análise de imagem, as bandas correspondentes RGB e clicar no botão *Composite Bands ≅*. Ter em atenção que a ordem de composição das bandas é dada pela ordem com que as bandas aparecem na lista de camadas (de cima para baixo).
- c. Compare a imagem criada com a imagem do produto matricial *Multispectral*. Nota alguma diferença? Em caso afirmativo tente justificar essa diferença.
- 3.2 Composição colorida em falsa cor
- a. Adicionar as restantes bandas da gama infravermelho da imagem Landsat 8.
- **b.** Proceder à composição colorida em falsa cor **5-4-3**. A cor predominantemente vermelha corresponde a quê?
- c. Proceder às composições coloridas em falsa cor 6-5-4, 7-6-4, 7-5-3 em imagens diferentes e observar as diferenças.
- d. Que combinação usaria para melhor visualizar a zona de praia emersa?

- **3.3** Representação em pseudocor
- a. Adicionar a banda 10 da imagem Landsat 8.
- b. Nas propriedades da camada selecionar o separador Symbology.
- c. Escolher um *Color Ramp* que permita representar os valores mais altos a vermelho e os mais baixos a azul e faça ok.
- d. Ampliar a região metropolitana de Lisboa e interpretar as diferenças. Dica: usar como auxílio na interpretação a composição colorida 5-4-3.
- e. Gravar a informação da rampa de cores num ficheiro .lyr:
 - 1. Sobre a imagem e com **BLDR** selecionar **Save As Layer File**.
 - 2. Gravar numa pasta à sua escolha com o nome PseudocorL8B10.
- 3.4 Espacialização tridimensional de uma imagem em pseudocor
- a. Adicionar um Modelo Digital de Terreno (MDT) de Portugal continental usando os recursos do *Arcgis Online*.

۰ 🔶	1:1 250 000 🗸 📈	Ħ 🧊
¢	Add Data	
	Add Basemap	P.
	Add Data From ArcGIS Online	~

- b. Pesquisar por "Portugal MDT" e faça Add à Layer Package "Portugal MDT 30m (WGS84)".
- c. Delimitar o MDT em função da extensão da imagem Landsat usando a ferramenta *Extract by Mask*.
- d. Gravar o novo MDT com o nome **MDT_Lx_L8** numa pasta à sua escolha.
- e. Abrir o ArcScene usando o botão 🊳.
- f. Adicionar o ficheiro PseudocorL8B10.lyr¹ (gravado no ponto 3.3) e o MDT_ Lx_L8, manter apenas visível a primeira imagem.
- g. Nas propriedades da camada Landsat 8 (LC82040332015145LGN00_B10.#), selecionar o separador *Base Heights* e na opção *Floating on a costume surface* escolher a superfície MDT_Lx_L8. Faça *OK*.
- h. Nas propriedades da cena (BLDR sobre Scene Layers e de seguida em Scene Properties), adicionar um fator de 10 no fator de conversão (Vertical Exaggeration) para que as diferenças na elevação sejam mais percetíveis.
- i. Infirir a relação entre a temperatura e a altimetria do terreno.

¹ O ficheiro .lyr que adicionou contém a rampa de cores por si definida e gravada no ponto 3.3 e. Embora este ficheiro, em si, não contenha os dados da imagem, ao adicioná-lo ao seu projeto (neste caso ao ArcScene) este adiciona, automaticamente, a imagem a partir da qual a rampa foi definida.

D. SISTEMATIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS

- 1. Para que servem as operações de realce?
- 2. Qual a combinação de bandas que corresponde à composição colorida em cor verdadeira nas imagens Landsat 8?
- 3. Qual a diferença entre falsa cor e pseudocor?

Landsat 8 Operational	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
(OLI)	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
and Thermal	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
Infrared Sensor	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
(TIRS)	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
Launched	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
February 11, 2013	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Tabela 1 - Bandas e respetivos comprimentos de onda das imagens Landsat 8

(retirado de USGS, Landsat Missions disponível em http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php).

Exercício 3 CORREÇÕES GEOMÉTRICAS DE IMAGENS ÓTICAS

Objectivos O objetivo deste exercício é proceder à correção geométrica de imagens.

A correção geométrica é uma das operações incluídas no pré-processamento. Neste exercício ir-se-à corrigir a posição geométrica, neste caso georreferenciar uma imagem retirada da internet através de duas formas distintas: o posicionamento com pontos homólogos e o posicionamento com coordenadas conhecidas.

A. OBTENÇÃO DE INFORMAÇÃO

1. Obter a carta de sedimentos superficiais da plataforma continental portuguesa, disponível numa publicação científica do LNEG (http://www.lneg.pt/download/9638/24_2952_ART_CG14_ESPECIAL_II.pdf).

1.1 Utilizar a ferramenta de corte do Windows (Snipping Tool Section) para gravar uma imagem a partir do recorte da carta de sedimentos publicada. Gravar duas imagens da mesma carta em formato JPG.

2. Abrir um novo projeto ArcMap.

3. Adicionar o serviço de mapas com a Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) em WMS disponibilizado pelo IGEO (Direção Geral do Território):

3.1 Navegar até ao sítio <u>www.igeo.pt</u>, vá a dados abertos e pesquisar "caop". Carregar na opção **Serviços ► Caop Continente ► Continente** WMS e copiar o endereço disponibilizado. **3.2** Carregar o serviço WMS para o seu projeto ArcMap. Através do *Catalog* carregar em *GIS Servers* ► *ADD WMS* Servers e colar o endereço copiado no ponto anterior (Figura 1).

Figura 1 - Adicionar serviços de mapas em WMS.

3.3 Adicionar as camadas de dados disponibilizadas ao seu projeto Arc-Map e manter visível apenas os polígonos respeitantes aos Distritos.

3.4 Poderá, se assim o entender, adicionar uma camada com imagens de satélite para a área de visualização, por exemplo adicionando o **Base Map** *Imagery* (*File* ► *Add Data* ► *Add Base Mapa* ► *Imagery*). Notar, no entanto, que as correções geométricas a efetuar deverão referir-se, sempre, à Carta Administrativa Oficial.

3.5 Verificar o sistema de coordenadas do projeto ArcMap, e (re)definir o georreferencial com o sistema de coordenadas ETRS89-TM06 (Datum ETRS89 e projeção Transversa de Mercator).

B. GEORREFERENCIAÇÃO DE IMAGENS ATRAVÉS DE PONTOS HOMÓLOGOS

4. Adicionar ao seu projeto uma das imagens, com a carta de sedimentos, gravada anteriormente.

5. Ativar as ferramentas de georreferenciação do ArcMap (BLDR sobre a barra cinzenta ► <u>Georeferencing</u>).

6. Georreferenciar a imagem através de pontos homólogos, utilizando p. ex. enseadas e promontórios reconhecíveis no litoral:

6.1 Carregar em *Georeferencing* ► *Fit To Display*, para colocar a imagem na sua área de visualização.

6.2 Conectar vários pontos homólogos (mínimo 4) entre a sua imagem e os elementos de referência do mapa, utilizando a opção *Add Control Points*. Deve-se carregar primeiro na imagem que quer referenciar e de seguida na imagem de referência (Limites CAOP).

Utilizar a opção de apagar e ativar a visualização da imagem que se está a georreferenciar para facilitar a localização geográfica dos pontos.

Figura 2 - Caixa de ferramentas de apoio à georreferendiação

6.3 Verificar os pontos homólogos conectados e o erro médio quadrático (*RMS Error*) associado à georreferenciação que está a aplicar, carregando em *View Link Table*

6.4 Explorar as diferentes transformações disponíveis. Aplique uma transformação afim e registe o erro quadrático médio desta operação (Figura 3).

Link	c								□ ×
1	- + + *	.	Tota	RMS Error:	Forward: 18,7223				
	Link	X Source	Y Source	Х Мар	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual	
V	1	458,940926	-616,804773	-110026,891721	-33505,555341	-3,0799	1,02663	3,2465	
V	2	626,158356	-453,845309	-81821,480276	-6675,649250	-24,8003	8,26678	26,1418	
1	3	717,564280	-63,217112	-65994,758466	57583,148591	2,78901	-0,92967	2,93988	
V	4	595,472542	-517,268469	-86992,562419	-17128,406492	25,0912	-8,36374	26,4485	
☑ Auto Adjust Transformation: Ist Order Polynomial (Affine)									
D	Degrees Minutes Seconds Forward Residual Unit : Unknown								

Figura 3 - Erros quadráticos e diferentes transformações.

6.5 Fechar a caixa com a tabela de pontos de conexão e concretizar a georreferenciação carregando em *Georeferencing* ► *Update Georeferencing*.

Ao selecionar a opção **Update Georeferencing** está a atualizar a correção geométrica (georreferenciação) desta imagem gravando esta informação num ficheiro auxiliar. Se pretender poderá reamostrar esta imagem, utilizando o sistema de coordenadas de destino, em **Georeferencing** ► **Rectify**.

7. Georreferenciar a imagem através de posicionamento de pontos em coordenadas conhecidas.

7.1 Adicionar a outra imagem gravada com a carta de sedimentos da plataforma.

7.2 Tentar reconhecer as coordenadas e o sistema de coordenadas dos pontos representados na Figura 4, utilizando o ficheiro .PDF original para verificar esta informação.

7.2.1 O Mapa está representado em coordenadas geográficas ou coordenadas projetadas? Qual o sistema de coordenadas da representação?

Figura 4 - Imagem com pontos cujas coordenadas foram reconhecidas da grelha de coordenadas da imagem.

Para proceder à georreferenciação da imagem com pontos coordenados poderá optar por utilizar as coordenadas geográficas reconhecidas na gratícula, e neste caso deverá redefinir o sistema de coordenadas do seu referencial para o sistema de coordenadas respetivo, definindo ainda uma transformação de coordenadas apropriada.

Em alternativa, poderá utilizar as mesmas posições/pontos introduzindo as coordenadas transformadas para o sistema de coordenadas do seu georreferencial de trabalho (neste caso o Sistema ETRS89-TM06). Esta opção permite ter uma estimativa de erro de georreferenciação, em metros, que não acontece no caso anterior por se tratar de coordenadas geográficas.

7.3 Iniciar a georreferenciação da nova imagem, através de pontos com coordenadas conhecidas. Neste caso vamos optar pelas coordenadas transformadas para o sistema de coordenadas projetadas do georreferencial (Tabela 1).

7.4 Repetir o procedimento anterior para os restantes pontos.

7.5 Verificar o RMS Error associado à última georreferenciação efetuada.

8. Dizer qual o método de georreferenciação mais preciso. Porquê?

PONTOS	Coordenadas (Elipsoide Internac	s geográficas ional <i>Datum</i> Lisboa)¹	Coordenadas projetadas (ETRS89-TM06)		
	LONGITUDE	LATITUDE	X	Y	
PONTO 1	9° 40' W	40° 10' N	-130743.78	56647.32	
PONTO 2	9° 00' W	40º 10' N	-73950.47	55879.57	
PONTO 3	10º 00' W	39º 20' N	-160966.22	-35522.57	
PONTO 4	9° 00' W	39° 20' N	-74848.43	-36648.41	

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos pontos reconhecidos na carta de sedimentos (representados na Figura 2).

¹ Definido no ArcMap por *Datum* Lisboa Hayford.

Exercício 4 CORREÇÃO RADIOMÉTRICA

Objetivos O objetivo deste exercício é proceder à correção radiométrica de imagens de satélite.

A correção radiométrica é uma das operações que se incluem na fase de pré-processamento. Neste exercício não serão efetuadas operações de correção atmosférica, apenas serão convertidos os valores de níveis digitais (DN) para valores com significado físico (e.g. radiância espectral e refletância espectral).

A. INTRODUÇÃO

As correções radiométricas principais correspondem à transformação de níveis digitais para valores de radiância espectral e refletância espectral e a operações de correção atmosférica.

Uma vez que os dados de satélite são obtidos através de um sinal que atravessa a atmosfera, o valor registado num dado local (píxel) da imagem não é um registo exato do valor no terreno, pois a magnitude do sinal é, normalmente, alterada ao interagir com a atmosfera.

A correção atmosférica nem sempre é necessária mas, em determinados casos, é aconselhada, como por exemplo:

1. No cálculo de razões entre duas bandas, uma vez que comprimentos de onda mais pequenos experimentam maior *scattering* (dispersão) e vice-versa, enviesando assim os resultados;

2. Quando se pretende relacionar os níveis de radiância da superfície com algum fenómeno físico;

3. Na comparação de medições realizadas em datas diferentes, onde condições atmosféricas serão geralmente diferentes.

B. CORREÇÃO RADIOMÉTRICA DE IMAGENS ÓTICAS

1. Correção radiométrica de imagens Landsat 8

As imagens Landsat são disponibilizadas em números digitais (DN – *Digital Number*) para os sensores OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal InfraRed Sensor*), podendo os valores ser recalculados de forma a obter: 1) radiância espectral no topo da atmosfera (L_{λ}) e 2) refletância espectral planetária no topo da atmosfera ($\rho\lambda$), e 3) temperatura de brilho em Kelvin (K) ou graus Celsius (°C).

Os produtos Landsat 8 providenciados pela USGS EROS Center exibem informação em números digitais (DN) quantificados e calibrados, representando imagens multiespectrais adquiridas pelos sensores a bordo do Landsat 8. Os produtos são fornecidos em formato de números inteiros a 16 bits podendo ser redimensionados para refletância espectral no topo da atmosfera (TOA reflectance) ou radiância espectral (*spectral radiance*), utilizando os coeficientes fornecidos no ficheiro de metadados (ficheiro "_MTL.txt"). Este ficheiro também contém as constantes térmicas para converter as imagens térmicas TIRS para temperatura de brilho. Informação adicional pode ser consultada em: http://landsat.usgs.gov/Landsat8. Using Product.php

- a. Abrir num projeto ArcMap novo a imagem Landsat 8 LC82040332015145LGN00 (mesma imagem do exercício 2).
- b. Adicionar as bandas 1 a 11 da imagem Landsat 8 ao georreferencial.

1.1 Conversão de números digitais para radiância espectral no topo da atmosfera das bandas 10 e 11 (Infravermelho térmico)

A conversão de DN para L_1 é feita através da expressão:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$$

onde L_{λ} é a radiância espectral no topo da atmosfera em ($W/(m^2 * sr * \mu m)$); M_L é o fator multiplicativo da radiância parametrizado para cada banda

(*RADIANCE_MULT_BAND_X*, onde X é o número da banda); Q_{cal} é o número digital do píxel e A_L é o fator aditivo parametrizado para cada banda (*RADIANCE_ADD_BAND_X*).

- a. Abrir a ferramenta Raster Calculator.
- b. Escrever expressão para a banda 10:

Float(RADIANCE_MULT_BAND_X*"LC8XXXXXXXXXXLGN00_BX.TIF")+(RADIANCE_ADD_BAND_X)

c. Gravar o resultado como **Radiancia_B10**, numa pasta designada por **Corr_Radiometrica**.
- **d.** Anotar as diferenças nos valores entre a imagem original e a recém-criada, principalmente no que respeita aos limites máximos e mínimos.
- e. Repetindo os passos anteriores, calcular a radiância no topo da atmosfera para a banda 11, usando os parâmetros respetivos no ficheiro de metadados

1.2 Conversão de números digitais para refletância espectral no topo da atmosfera das bandas multiespectrais 1 a 8

A conversão de números digitais para refletância espectral no topo da atmosfera é realizada pela expressão:

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho}$$

onde ρ_{λ}' é a refletância espectral planetária no topo da atmosfera, sem a correção do ângulo solar; M_{ρ} é o fator multiplicativo da refletância parametrizado para cada banda (*REFLECTANCE_MULT_BAND_X*, onde X é o número da respetiva banda);

 Q_{cal} é o número digital do píxel e A_{ρ} é o fator aditivo parametrizado (REFLECTANCE_ADD_BAND_X) para cada banda.

A refletância no topo da atmosfera corrigida do ângulo solar é dada por:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta_{SE})}$$

onde ρ_{λ} é a refletância planetária, θ_{SE} é o ângulo de elevação solar local (o ângulo de elevação solar central da imagem, em graus, é fornecido no ficheiro de metadados - *SUN_ELEVATION*) e θ_{SZ} é o ângulo zenital solar local, sendo calculado pela expressão $\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$.

Desta forma a expressão final de conversão dos níveis digitais para refletância no topo da atmosfera é:

$$\rho_{\lambda} = \frac{M_{\rho}Q_{cal} + A_{\rho}}{\sin(\theta_{sE})}$$

(Ver nota do ponto h.)

a. Abrir o **ModelBuilder b**, uma aplicação que permite automatizar procedimentos no ArcGis.

- b. À semelhança do já realizado anteriormente, irá usar o *Raster Calculator* para proceder à conversão dos níveis digitais, mas agora de forma automatizada. No *Search* pesquisar por *Raster Calculator*. Arrastar esta ferramenta para a janela do modelo (*Model*).
- c. Criar uma variável do tipo *Double* com o nome Mp:

1. Sobre o espaço vazio do modelo e com o **BDLR ►** *Create Variable* ► *Double.*

- 2. Sobre a variável *Double* criada e com o **BDLR ►** *Rename* ► Mp.
- **d.** Criar duas variáveis do tipo Double com o nome **Ap** e outra com o nome **SE**, usando o mesmo procedimento anterior.
- e. Colocar todas as variáveis como parâmetros do modelo: sobre cada uma das variáveis carregar com BLDR ► Model Parameter. Quando a variável está definida como parâmetro do modelo aparece um P no canto superior direito da mesma.
- f. Definir os valores de cada uma das variáveis para a banda 1 usando a informação contida no ficheiro de metadados "#_MTL.txt": com duplo clique sobre cada variável poderá preencher o valor correspondente. Esta instrução fará aparecer a variável a cores, o que indica que está pronta a ser utilizada.
- g. Clicar duas vezes sobre a ferramenta *Raster Calculator* no modelo que abre as propriedades da ferramenta e permite o preenchimento dos campos com a informação necessária.
- h. Definir a expressão acima para converter os valores em níveis digitais para refletância no topo da atmosfera para a banda 1. Usar as variáveis e camadas já existentes na ferramenta, bem como as expressões que esta apresenta. Gravar o resultado na pasta refletância com o nome **RTOAB1** e clicar OK.

Notar que no ArcMap os argumentos das funções trigonométricas são <u>em</u> <u>radianos</u> pelo que terá que multiplicar o ângulo em graus por $\pi/180$ para converter para radianos.

i. Definir a variável banda 1 (LC..._B1.TIF) e o resultado (RTOAB1) como parâmetros do modelo. O aspeto final do modelo deverá ser semelhante a:



- j. Correr o modelo carregando no botão 🕨.
- k. Salvar o modelo com o nome ModelEx4 na toolbox ToolSOPHIA (caso esta toolbox não exista deverá criá-la com o botão S).
- I. Adicionar a ferramenta criada ao *ArcToolbox*: BLDR ► *Add Toolbox*.
- m. Usar o modelo criado para converter as restantes bandas dando um nome apropriado ao resultado do processamento.

1.3 Conversão de radiância no topo da atmosfera para temperatura de brilho

As imagens térmicas fornecidas pelo sensor TIRS (*Thermal InfraRed Sensor*) podem ser convertidas de radiância espectral no topo da atmosfera para temperatura de brilho expressa em graus Kelvin e em graus Celsius. A temperatura de brilho no sensor (também denominada de temperatura radiante - T_{rad}) assume que a Terra é um corpo negro¹, i.e., com emissividade igual a 1, e inclui os efeitos atmosféricos (como a absorção) e outras emissões ao longo do caminho percorrido entre superfície-sensor. A temperatura de brilho no sensor em graus Kelvin

$$T_{rad} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)}$$

¹ Corpo que absorve toda a radiação incidente.

onde T_{rad} é a temperatura de brilho no sensor em graus Kelvin, K_I é a constante térmica específica de cada banda de infravermelho térmico (Bandas 10 e 11) e é designada por K1_CONSTANT_BAND_X no ficheiro de metadados, K_2 é a segunda constante térmica específica de cada banda uma destas bandas e é designada por K2_CONSTANT_BAND_X e L_{λ} é a radiância espectral no topo da atmosfera em $W / (m^2 * sr * \mu m)$.

A temperatura de brilho em graus Celsius é dada pela expressão:

$$T_{rad} (^{\circ}C) = T_{rad} - 273.15$$

 a. Converter as bandas térmicas (já previamente convertidas em radiância espectral no topo da atmosfera no ponto 1.1) para temperatura e brilho em graus Kelvin e Celsius usando as expressões acima descritas.

1. 4 Representação gráfica da variação da temperatura na região de Lisboa

- a. Escolher, e visualizar, uma das bandas térmicas corrigida para temperatura de brilho em graus Celsius.
- b. Fazer *zoom* à imagem para a região de Peniche.
- c. Adicionar a ferramenta 3DAnalyst à barra de ferramentas, se esta ainda não se encontrar adicionada: Customize ► Toolbars ► 3DAnalyst.



- d. Como camada de análise (*3DAnalyst Layer*) selecionar a banda térmica escolhida.
- e. Com o botão 应 traçar um segmento de reta, da esquerda para direita, desde as Berlengas até um pouco além do vale do Tejo.
- f. Projetar o perfil da temperatura de brilho ao longo do segmento traçado através do botão a r, analisar o resultado.

1. 5 Comparação da informação espectral teórica com a informação das imagens

A USGS tem uma série de ferramentas e serviços de apoio a quem trabalha com as imagens por eles disponibilizadas. Destes serviços destaca-se o *Spectral Viewer*, uma ferramenta que permite determinar as melhores bandas de uma imagem para interpretar ou estudar determinada propriedade do terreno. Esta ferramenta permite a visualização de como as bandas de diferentes satélites registam a intensidade do comprimento de onda (cor) da luz, denominado de Resposta Espectral Relativa. O *Spectral Viewer* dispõe de informação para vários satélites como o Landsat 8 e para vários materiais, como a água ou a vegetação.

Esta ferramenta é usada em modo online e está disponível em <u>http://landsat.usgs.gov/tools_spectralViewer.php</u>.

- **1.5.1** Comparar a informação espectral teórica da refletância da água e a respetiva informação exibida pela banda 4
- a. Trace um perfil sobre a água (numa zona onde a água esteja límpida) na imagem da refletância no topo da atmosfera da banda 4.
- b. Compare-o com o perfil exibido pela ferramenta Spectral Viewer.
- c. Trace novo perfil sobre outra zona onde a água apresente sedimento em suspensão. Indique as diferenças.

1.5.2 Comparar a informação espectral da vegetação

- a. Compare a informação espectral da vegetação do tipo *Fir Spruce* com a vegetação do parque de Monsanto em Lisboa.
- b. Experimente outros tipos de vegetação.





Exercício 5 PLUMAS TÚRBIDAS



Objetivos O objetivo deste exercício é detetar plumas túrbidas utilizando operações algébricas entre bandas.

A. INTRODUÇÃO

Os rios e estuários ligam os ecossistemas terrestres aos oceânicos, proporcionando zonas de mistura entre águas fluviais, costeiras e abertas. Estas áreas de interface são ricas em nutrientes, compostos orgânicos muito importantes para a produção primária e heterotrófica nas zonas costeiras. Permitem a entrada de sedimentos terrestres, em suspensão, através das transferências para o oceano. Processos que ocorrem junto à costa como a produção primária, a atividade microbiana e a produção secundária são afetados por este importe de nutrientes terrestres. Uma vez que a carga de sedimentos terrestres em suspensão pode desempenhar um papel importante no ciclo de nutrientes, importa conhecer a dinâmica destas zonas de mistura designadas por plumas túrbidas (Figura 1). As plumas túrbidas podem ser caracterizadas pela concentração de sedimentos em suspensão, matéria orgânica, nutrientes e contaminantes transportados a partir de regiões vizinhas.

As plumas túrbidas podem ser distinguidas usando diferentes assinaturas espectrais nos ambientes aquáticos. Os coeficientes de absorção total são mais afetados pela concentração de sedimento em suspensão do que pela concentração de clorofila ou matéria orgânica dissolvida.



Figura 1 - Imagem com plumas túrbidas junto à costa.

B. OPERAÇÕES ALGÉBRICAS

1. Deteção de plumas túrbidas em imagens óticas de alta resolução

1.1 Descarregar e corrigir os níveis radiométricos de uma imagem ótica da região autónoma da Madeira.

- a. Descarregar, do *site* EarthExplorer, e visualize a imagem L8 de 10 de janeiro de 2014 da região autónoma da Madeira.
- b. Fazer a correção radiométrica das imagens para radiância espectral no topo da atmosfera (radiância TOA - L_{TOA}) usando a toolbox SR – Landsat 8 disponibilizada em <u>http://www.mundogeomatica.com.br/LivroSR102.htm</u>.
 - 1. Descarregar a ferramenta e guardar numa pasta à escolha.
 - 2. Adicionar a ferramenta ao ArcToolbox.
 - Correr o modelo 2 RADIÂNCIA ESPECTRAL NO TOPO DA AT-MOSFERA, com os valores do ficheiro de metadados e grave as imagens numa pasta denominada CorrRad.
- c. Corrigir os valores de L_{TOA} para ρ_{TOA} da banda 4 da imagem Landsat 8. A correção para valores de refletância TOA (ρ_{TOA}) é realizada segundo a expressão:

$$\rho_{TOA} = \frac{\pi \cdot L_{TOA} \cdot d^2}{F0 \cdot \sin \theta_{SE}}$$

onde *d* é a distância Terra-Sol em unidades astronómicas - EARTH_SUN_ DISTANCE, θ_{SE} é o ângulo de elevação solar local - SUN_ELEVATION (valores presentes no ficheiro #MTL.txt) e *F*0 é a irradiância solar média de cada banda, que no caso da banda 4 corresponde a **1549.4** (Vanhellemont and Ruddick, 2014).

1. Calcular a primeira constante do numerador da fração ($\pi \cdot d^2$).

2. Calcular a constante do denominador da fração (*F*0 · *sin* θ_{se}) para a banda 4.

3. Usando a função Band Arithmetic Function – acedida com o botão e sobre o raster da banda 4, BDLR ▶Insert ▶Band Arithmetic Function.
4. Colocar User Defined em Method e preencher com a expressão de conversão para refletância usando as constantes calculadas acima, clicar ok duas vezes.

5. Renomear a imagem criada como RefB4.

1.2 Criar máscaras de área de interesse e terra

A criação de máscaras irá fazer uso de dados vetoriais de apoio que podem ser descarregados da internet.

- a. Aceder ao site da DGT com o endereço: <u>http://www.dgterritorio.pt/</u> e pesquisar **Madeira concelhos**.
- b. Aceder a CAOP2015 (Carta Administrativa de Portugal) e navegar até CAOP (download).
- c. Clicar em **Carta Administrativa Oficial de Portugal Versão 2015**, e faça o *download* dos polígonos da Área administrativa da Madeira.
- d. Descomprimir e adicionar o tema descarregado ao georreferencial.

A região de análise das plumas túrbidas será a costa sul da ilha da Madeira, pelo que se irá necessitar de uma máscara da ilha. Para efetuar este procedimento é aconselhável simplificar a informação vetorial (utilizar a instrução **Dissolve** usando um campo comum a todos os elementos para remover as fronteiras internas).

Uma vez dispondo de um polígono único para a região que queremos mascarar é possível aplicar essa máscara aos ficheiros do tipo *raster*. Em primeiro lugar irá delimitar a zona de interesse e de seguida, sobre esta, proceder à máscara (remoção) dos valores de terra.

- e. Selecionar a área de interesse na imagem RefB4:
 - 1. Usando a função *Clip Function* acedida com o botão *M* e sobre o *raster* **BDLR** ► Insert ► *Clip Function*.
 - 2. Usar como *Type* a opção *Outside*.
 - 3. Como Clipping geometry usar o tema Madeira.
 - 4. Fazer Ok em ambas as janelas.
- f. Proceder à máscara dos valores de terra.
 - 1. Usar a função anterior sobre a imagem criada no ponto anterior.

2. Usar como *Type* a opção *Inside*, uma vez que se pretende remover a área dentro do polígono de máscara.

3. Como *Clipping geometry* usar a camada Madeira.

4. Selecionar a opção *Use Input Features for Clipping Geometry*, para que a máscara apresente os contornos do polígono.



5. Fazer Ok em ambas as janelas.

Os processos aplicados anteriormente usando as funções da ferramenta Análise de Imagem são todos aplicados *on-the-fly*, i.e. os dados originais permanecem inalterados e os resultados decorrentes são adicionados ao georreferencial como camadas temporárias. Para a utilização futura destes dados, estes deverão ser gravados (exportados).

g. Exportar a imagem resultante da última máscara como Ref_mask_B4.

1.3 Calcular a concentração de partículas em suspensãoO cálculo simplificado da concentração de partículas em suspensão (CPS) pode ser realizado usando a banda 4 a partir da expressão:

$$CPS = A\rho_{TOA}^4$$

onde $A = 289.29 \text{ gm}^{-2}$ (ver - Vanhellemont and Ruddick, 2014).

 Calcular a concentração de partículas em suspensão (CPS) segundo a expressão acima:

1. Usando a camada **Ref_mask_B4** e a função *Band Arithmetic Function* calcular a CPS.

2. Renomear, e exportar, a camada para CPS.

b. Representar os valores de CPS numa imagem em pseudocor e excluir os valores negativos e os valores superiores a 50:

1. Propriedades da camada ► *Symbology* ► *Classified* ► *Classify* ► *Exclusion* ► valores negativos e valores superiores a 50.

- 2. Clicar ok.
- 3. Representar os valores numa escala colorida.
- 4. Clicar ok.

1.4 Criação de um mapa temático de concentração de partículas em suspensão

A criação de mapas temáticos das propriedades estimadas usando imagens de satélite é muitas vezes o objetivo final da deteção remota.

 a. Usando a camada CPS proceder à criação de um mapa temático à semelhança da Figura 2.

1. Ir para o *Layout View* carregando no botão 🖻 , disponível no canto inferior esquerdo do *Data View*.

- 2. Posicionar a costa sul da ilha da Madeira no centro do Data Frame.
- 3. Adicionar uma escala gráfica, indicação de norte e uma legenda.

4. Representar a ilha da Madeira usando a imagem *Pansharpen* disponibilizada pela USGS.



Figura 2 - Mapa temático da concentração de partículas em suspensão (CPS) na costa sul da ilha da Madeira.

Referências:

Vanhellemont, Q. and Ruddick, K., 2014, Turbid wakes associated with offshore wind turbines observed with Landsat8, Remote Sensing of Environment, 145:105-155. DOI: 10.1016/j.rse.2014.01.009





Exercício 6.1 MAPEAMENTO DE FUNDOS MARINHOS

Objetivos

O objetivo deste exercício é proceder ao mapeamento de fundos marinhos usando dados de deteção remota do fundo do mar, nomeadamente dados de sondadores acústicos e imagens óticas, usando classificação automática.

A. INTRODUÇÃO - DADOS BACKSCATTER

Existe um conjunto de técnicas geofísicas, sedimentológicas e biológicas que podem ser utilizadas para obter informação sobre os fundos oceânicos.

De entre os equipamentos de geofísica, os sondadores acústicos, como o sonar de varrimento lateral e os sondadores multifeixe, destacam-se pelo potencial que apresentam na identificação de diferentes tipos de sedimentos superficiais e na construção de modelos digitais de terreno que reproduzem o relevo submarino. Esta informação, aliada à colheita de amostras no fundo, permite cartografar as suas caraterísticas.

Os sondadores acústicos funcionam através da medição da intensidade do retorno do sinal acústico (*backscatter*) a partir do fundo do mar, sendo esta intensidade função das propriedades dos sedimentos na sua superfície e da própria rugosidade do fundo (material refletor). De uma forma geral, um retorno forte – tons claros - está associado à presença de rocha e/ou sedimentos grosseiros; um retorno fraco – tons cinza escuros - está associado a sedimentos mais finos.

Uma vez que a própria rugosidade do material, já incorporada na associação rocha/ sedimentos finos, irá afetar a refletividade do solo, micro tipografias tais como *ripples*, e a bioturbação, podem também ser cartografadas, pois apresentam um retorno do sinal intensificado.

B. MAPEAMENTO FUNDOS MARINHOS – CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA

1. Imagens backscatter de sonar de varrimento lateral

A imagem da intensidade do retorno do sinal acústico (*backscatter*) utilizada neste exercício, obtida a partir de sonar de varrimento lateral, foi gentilmente cedida pela Divisão de Geologia Marinha – Secção de Geofísica, do Instituto Hidrográfico (<u>http://www.hidrografico.pt/geologia-marinha.php</u>) (IH, 2015).

- 1.1 Classificação automática de uma imagem
- a. Abrir a imagem *backscatter* adquirida com o sonar de varrimento lateral, que se encontra na pasta denominada **DadosEx6\Backscatter**, no *ArcMap*.
- b. Localizar a área onde foi realizado o levantamento de sonar de varrimento lateral.
- c. Indicar a resolução espacial do levantamento.
- d. Identificar, visualmente, áreas de rocha/sedimento grosseiro e sedimentos finos, baseado nos valores de intensidade presentes na imagem e tendo em conta a introdução acima descrita.
- e. Abrir a barra de ferramentas *Image Classification* (BLDR sobre o friso superior e ativar *Imagem Classification*).



- f. Classificar o tema Sonar usando a classificação automática, não assistida, Iso Cluster Unsupervised Classification com diferente número de classes. Experimentar classificar as imagens com 3, 4, 5, 10 e 20 classes. Mudar a simbologia da classificação – experimentar dar a mesma tonalidade às classes que considerar pertencerem ao mesmo tipo de fundo. Observar o resultado.
- g. Observar as diferenças entre as classificações anteriores e escolher a que obteve melhores resultados, justificando a sua escolha. Gravar essa opção e apagar as restantes.

Exercício 6.2 MAPEAMENTO DE FUNDOS MARINHOS

Objetivos

O objetivo deste exercício é proceder ao mapeamento de fundos marinhos usando dados de deteção remota do fundo do mar, nomeadamente uma imagem de satélite adquirida por um sensor ótico, em conjunto com operação de vizinhança do tipo classificação automática.

A. INTRODUÇÃO - DADOS ÓTICOS

Nas zonas costeiras pouco profundas e com águas límpidas, a radiação solar consegue penetrar na coluna de água e atingir o substrato. Se o substrato for uniforme é possível estimar a profundidade da coluna de água, uma vez que a diferentes profundidades corresponderão diferentes intensidades do sinal. Se, por outro lado, o substrato for diferenciado é possível mapear essas diferenças.

A segunda parte deste exercício consiste em estimar a profundidade relativa da coluna de água, na região do banco do Cambalhão (junto à península de Tróia), assumindo que a água nesta zona é límpida e o substrato é uniforme (corresponde a sedimento na classe das areias). A profundidade da coluna de água pode ser classificada em 4 domínios principais: Supratidal, Intertidal, Subtidal pouco profundo e Subtidal profundo. A imagem a classificar é uma imagem ótica Landsat 8, recortada para a área de interesse. O nível da maré no momento de aquisição desta imagem era -0.8m NMM¹ (Figura 1).



Figura 1 - Imagem Landsat 8, recortada para a área de interesse o banco do Cambalhão.

¹ NMM – Nível Médio do Mar

B. MAPEAMENTO FUNDOS MARINHOS – CLASSIFICAÇÃO ASSISTIDA

1. Imagens óticas do sensor Landsat 8

1.1 Classificação assistida da imagem ótica Num novo projeto Arcmap:

- a. Adicionar a imagem compósita L8130908, presente na pasta DadosEx6\ Landsat8, ao georreferencial.
- b. Adicionar o tema vetorial Terra_Mask, presente na mesma pasta.
 - 1.1.1 Selecionar a área de interesse zonas húmidas e área marinha
 - a. Eliminar as zonas de terra usando o tema vetorial **Terra_Mask**:
 - 1. Usando a função *Clip Function* acedida com o botão <u>*M*</u> e sobre o raster **BDLR ► Insert ►** *Clip Function*.
 - 2. Usar como *Type* a opção *Inside*.
 - 3. Como Clipping geometry usar a camada Terra_Mask.
 - 4. Selecionar a opção *Use Input Features for Clipping Geometry*, para que a máscara apresente os contornos do polígono.
 - 5. Fazer Ok em ambas as janelas.
 - 6. Renomear o tema para L8130908_Mask. Ter em atenção que este tema
 - é provisório uma vez que resulta de uma operação com uma função da ferramenta Análise de Imagem. Gravar o tema para o tornar permanente.

1.1.2 Definição das áreas de treino

Neste exercício pretendesse-se proceder à classificação assistida (ou supervisionada) pelo método da máxima verosimilhança. Esta opção é também suportada pelo *ArcMap* e encontra-se igualmente disponível na barra de ferramentas *Image Classification*. Para a classificação assistida necessita de um ficheiro com as assinaturas das áreas de treino que são definidas pelo utilizador. O primeiro passo de qualquer classificação assistida será, necessariamente, definir as classes onde treinar o classificador. As classes usadas neste exercício são:

- **Supratidal** corresponde a zonas de praia emersa areia seca.
- Intertidal corresponde a zonas sob influência da maré.
- Subtidal pouco profundo corresponde a zonas pouco profundas.
- Subtidal profundo zonas profundas.
- Raso zona interna do estuário sujeita à ação da maré.
- Sapal zona interna do estuário sujeita à ação da maré mas com vegetação.

a. Selecionar a imagem a classificar na barra *Image Classification*.



- b. Definir as áreas de treino com o botão i usando as classes acima descritas. Este botão ativa o cursor que nos permite definir as áreas de treino desenhando polígonos para cada classe. Usar como apoio para a localização das áreas de treino a Figura 2 (localizada no final deste ponto).
- c. Uma vez criados os polígonos, guardar esta informação vetorial com o botão
 (Save training samples) da barra Image Classification com o nome
 AreasTreino. Este passo guarda apenas os polígonos e não a assinatura espectral destas áreas.

As áreas de treino podem ser geridas, à medida que são criadas, a partir do botão **e** que abre a caixa *Training Sample Manager*.

	Training Sample Manager				×
🐱 🖂 🗟 🗄 🛠 🕇 🖊 👪 🕍 🖄 🖡					
ID	Class Name	Value	Color	Count	
1	Supratidal	1		199	
2	Intertidal	3		239	
3	UpperSubtidal	8		577	
4	LowSubtidal	11		675	
5	Raso	14		156	
6	Sapal	16		43	

Nesta caixa é possível renomear a classe (*Class Name*). Juntar, numa mesma classe, diferentes áreas (polígonos) selecionando no campo ID as diferentes classes e clicando no botão **F** (*Merge training samples*).



- d. Gerar o ficheiro de assinaturas espectrais usando o botão a (Create a signature file), guardando-o numa pasta à escolha com o nome Assinaturas.
 Este passo guarda um ficheiro com a extensão .gsg.
- e. Analisar a assinatura espetral de cada um dos domínios morfológicos através da observação dos gráficos de dispersão disponibilizados pela ferramenta *Show Scatterplots*.



Figura 2 - Imagem de apoio à definição de áreas de treino - posicionamento dos políginos.

1.1.3 Classificação usando o método Máxima Verosimilhança

 a. Classificar a imagem usando o método de máxima verosimilhança – Maximum Likelihood Classification – disponível na barra Image Classification.



- b. Na janela do método de classificação assistida selecionar o ficheiro de assinaturas espectrais gravado anteriormente. Gravar o resultado da classificação como MaxLikehood. Os restantes parâmetros mantêm-se inalterados.
- c. Examinar a classificação e verificar se está de acordo com o que observar na imagem. Se não estiver satisfeito, repitir o processo de definição das áreas de treino e redefinir o ficheiro Assinaturas.gsg.

Exercício 6.3 MAPEAMENTO DE FUNDOS MARINHOS

Objetivos



O objetivo deste exercício é proceder ao pós-processamento das imagens anteriormente classificadas. O processo de filtragem é muito utilizado na pós-classificação, uma vez que permite melhorar a classificação obtida. A filtragem consiste na aplicação de filtros, isoladamente ou de forma sucessiva, com o objetivo de generalizar determinada característica ou de eliminar o ruído.O ArcMap possui uma variedade de filtros, que podem ser acedidos quer através da caixa de ferramentas <u>Generalization</u>, quer através dos botões Sharpen v R da ferramenta *Image Analysis*.

A. FILTRAGEM

1. Aplicação de filtros para eliminação de ruído

1.1 Aplicar filtros de generalização para limpeza de uma das imagens anteriormente classificadas.

As imagens anteriormente classificadas, quer a imagem de *backscatter* quer a imagem ótica, apresentam zonas bem classificadas, mas outras zonas apresentam alguns píxeis que claramente se encontram mal classificados. Aplicando alguns filtros de generalização é possível melhorar a classificação inicial.

- Escolher uma das imagens classificadas para realizar o processo de filtragem.
- b. Usando os filtros disponíveis na caixa de ferramentas Generalization (ArcToolBox ► Spatial Analyst Tools ► Generalization) tentar melhorar a classificação.

1. Usar por exemplo o filtro *Majority Filter* ou *Aggregate*². Se não estiver satisfeito experimentar outros.

² A ajuda do ArcGis pode ser muito eficaz a explicar os conceitos por detrás dos filtros. Consulte por exemplo <u>http://resources.arcgis.com/EN/HELP/MAIN/10.2/index.html#/Aggregate/009z0000034000000/</u>

Exercício 6.4 MAPEAMENTO DE FUNDOS MARINHOS

Objetivos

O objetivo deste exercício é proceder à operação de fusão de bandas denominada *pansharpen*. Esta operação de fusão permite fundir bandas com resolução espacial diferente. As bandas do sensor ótico OLI do satélite Landsat 8 apresentam, todas, informação espacial a 30m, com exceção da banda pancromática, B8, que apresenta um píxel com 15m. Através da operação *pansharpen* é possível fazer uma interpolação da banda pancromática, e manter, nas bandas multiespectrais, a resolução de 15 m da banda pancromática.

A. FUSÃO DE BANDAS

1. Fusão de bandas com diferente resolução espacial

- 1.1 Operação de Pansharpen com o método Gram-Shmidt
- a. Adicionar ao georreferencial as imagens I8130908c2, I8130908c3,
 I8130908c4, que correspondem respetivamente às bandas 2, 3 e 4 (*Blue*, *Green* e *Red*) da imagem Landsat 8.
- b. Fazer uma composição colorida destas bandas em cor verdadeira.
- c. Adicionar a imagem I8130908cPan, que corresponde à banda pancromática do mesmo sensor.
- d. Na janela *Image Analysis*, selecionar a imagem compósita e a imagem pancromática selecionadas.
- e. No botão 🔄, escolher o método *Gram-Schmidt* no separador *Pan Sharpen* e certificar-se que o sensor selecionado é o Landsat 8. Clicar Ok.
- f. Clicar no botão 🖾 (**Pan Sharpen**).
- g. Verificar e registar a resolução espacial da nova imagem.
- h. Usando a imagem classificada da zona de Tróia e esta nova imagem, avaliar novamente a classificação realizada. Que conclusões tira?

B. SISTEMATIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS

1. Qual a diferença entre classificação assistida e classificação automática?

2. Indicar um método de classificação usado no tipo de classificação assistida e classificação automática.

3. As operações de filtragem são normalmente utilizadas em que etapa do processamento?

4. A filtragem pertence a que tipo de processamento de imagem?

5. Em que consiste a fusão de bandas?

Referências:

IH (2015) – Para mais informações sobre os equipamentos disponíveis no Instituto Hidrográfico consultar e.g.

http://www.hidrografico.pt/sondadores-multifeixe.php.





Exercício 7 MAPEAMENTO DE MANCHAS DE ÓLEO – IMAGENS SAR



Objetivos

O objetivo deste exercício é proceder ao mapeamento de manchas de óleo e de embarcações usando imagens SAR (imagens geradas por sistemas radar de abertura sintética).

As imagens SAR são ideais na deteção de manchas de petróleo, uma vez que estas manchas (*oil slick*) aparecem como zonas escuras nas imagens. Do ponto de vista operacional, a deteção destas manchas é realizada em dois passos distintos: 1) deteção de *slicks* e 2) classificação para determinar a natureza do *slick* – natural (biológico) ou artificial (manchas de óleo).

As imagens SAR também são muito utilizadas na deteção de embarcações, uma vez que estas apresentam um retorno muito grande do sinal na zona onde as embarcações estão presentes.

A. INTRODUÇÃO



SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA: ANÁLISE DE DADOS DE SATÉLITE

Uso de imagens de satélite em situação de emergência

A 13 de Novembro de 2002 o petroleiro *Prestige*, que transportava 77 mil toneladas de petróleo, sofreu uma rutura num dos seus tanques, durante uma tempestade ao largo da costa da Galiza. Às 8:00 da manhã de 19 de Novembro, o navio partiu-se ao meio, afundando-se durante a tarde e libertando o petróleo para o mar.

O incidente do *Prestige* poluiu centenas de quilómetros de linha de costa e mais de uma centena de praias nas costas de Espanha, França e Portugal, tendo sido considerado o maior desastre ambiental na história de Portugal e Espanha.

No sentido de apoiar as agências responsáveis pela resposta ao incidente do derrame de petróleo, a Agência Espacial Europeia (ESA) forneceu dados espaciais dos satélites ERS e Envisat, quase diariamente desde 17 de Novembro.

Algumas destas imagens, utilizadas no esforço de mapeamento e mitigação do derrame estão disponibilizadas no *site* da ESA e podem ser descarregadas de forma gratuita.

B. CARTOGRAFIA DE EMERGÊNCIA - IMAGENS SAR

1. Descarregar a imagem SAR na altura do derrame

- 1.1 Descarregar a imagem SAR do sensor ASAR a bordo do satélite Envisat
- a. Navegar até: <u>https://earth.esa.int/web/guest/data-access/sample-da-</u> <u>ta/-/asset_publisher/tg8V/content/prestige-oil-spill-galicia-spain-</u> <u>1623?p_r_p_564233524_assetIdentifie#_56_INSTANCE_z3vD_matmp</u>
- b. Em Available Sample Data escolher ASAR.
- c. Descarregar a imagem ASAR Wide Swath (WS) ASA_WSM_1PXP-DE20021117_104431_000000672011_00180_03741_0009.N1.gz, que corresponde ao dia 17-11-2002.
- d. Descomprimir para uma pasta com o mesmo nome e adicionar a imagem ASAR ao georreferencial do ArcMap.
- e. Verificar a resolução espacial da imagem e comparar com a resolução espacial da Tabela 1.

2. Mapear a extensão do derrame

O mapeamento de manchas de óleo na água, numa imagem SAR, é facilitado pelo facto destas manchas se apresentarem em tons mais escuros relativamente aos restantes elementos da imagem. Isto acontece porque a zona com óleo apresenta muito pouca rugosidade, o que por sua vez influencia o retorno do sinal para o sensor SAR, não havendo quase nenhum retorno de sinal nesta circunstância (valores escuros). Fazendo uso desta característica ir-se-á mapear a área de derrame de petróleo no dia 17 de novembro de 2002.

2.1 Redução do ruído típico das imagens SAR

O ruído "sal e pimenta" ou *speckle noise* é um tipo de ruído de alta frequência presente nas imagens de radar. As imagens geradas por sistemas radar de abertura sintética (SAR) são altamente sujeitas a estes efeitos de ruído devido ao processamento de sinais dispersos e interferência de ondas eletromagnéticas dispersas pelas superfícies ou objetos.

Existem diversos algoritmos que permitem filtrar os dados de radar suavizando o ruído e mantendo os contornos dos objetos. A ferramenta de análise de imagem (*Image Analysis*) apresenta, na função **Speckle Function**, alguns desses algoritmos, permitindo filtrar as imagens SAR.

- a. Sobre a imagem SAR descarregada e com a função Speckle Function da ferramenta Image Analysis filtrar a imagem. Alternar entre diferentes tipos e tamanhos de filtros, escolhendo, por fim, aquele que melhor se ajusta ao objetivo do exercício.
- b. Anotar o tipo de filtro e o tamanho para futura referência.

2.2 Delimitação automática do derrame

A delimitação automática do derrame pode ser realizada, de forma simples, a partir da definição de um valor de limiar (*threshold*) correspondente ao máximo valor de píxel considerado como pertencente à mancha de óleo e acima do qual se considera que não há presença de petróleo. A imagem é então classificada em dois valores: **1** – óleo e **0** ou *Nodata* – não óleo.

- a. Definição de um valor de *threshold* adequado à presença de óleo da água.
 Usar a ferramenta *Interactive Threshold* <u>k</u> para encontrar um valor de limiar adequado.
- b. Uma vez definido o valor de *threshold* proceder à classificação da imagem usando a ferramenta *Reclassify* do *3D Analyst* (no *ArcToolbox*). Usar duas classes e novos valores de 1 – óleo e 0 – não óleo. Ativar a opção *Change missing values to Nodata*. Ter em atenção que valores de 0 na imagem SAR correspondem a *NoData*.

- c. Limpar a imagem usando um filtro apropriado disponível na caixa de ferramentas *Spatial Analyst Tools* ► *Generalization*.
- d. Reclassificar a imagem filtrada de forma a obter os valores do óleo representados a 1 e os restantes como *NoData*.
- e. Salvar a imagem raster final com o nome Mancha.
- 2.3 Calcular a área afetada pelo derrame
- a. Converter a imagem em formato *raster* para polígonos: *Raster to Polygon* (*Conversion tools* do *ArcToolbox*).
- b. Limpar eventuais polígonos que o processo de filtragem não tenha conseguido resolver: Start Editing ► editar ► Stop Editting. Poderá também eliminar os polígonos mais pequenos através da utilização de um filtro (Query).

Uma vez que a nossa camada vetorial se encontra com o sistema de coordenadas geográficas, terá que proceder à sua projeção para um sistema de coordenadas retangulares, para efetuar o cálculo das áreas.

- c. Altere o sistema de coordenadas do georreferencial para ETRS89 PTM06.
- d. Crie um campo, na tabela de atributos, denomidado Area: *Attribute Table* ► *Add Field*. Use o tipo *Double*.
- e. Sobre a coluna Area: BDLR ► Calculate Geometry ► Area. Calcule a área em km².
- f. A soma de todos os polígonos individuais permite ter uma ideia da área total afetada: Sobre a coluna Area ► BLDR ► Statistics. Qual a área total afetada?

2.4 Deteção de embarcações

É possível detetar a presença de embarcações nas imagens SAR, de forma muito simples, uma vez que estas apresentam um retorno muito forte do sinal (valores brancos) devido à reflexão especular dupla. Desta forma, e à semelhança do que foi feito para detetar a mancha de óleo, definir-se-á um valor de *threshold* para a identificação das embarcações, sabendo que neste caso o retorno é mais forte (tons brancos).

- a. Definição de um valor de *threshold* adequado à presença dos navios. Use a ferramenta *Interactive Threshold* <u>k</u> para definir um valor limiar adequado.

1. Use como *Type* a opção *Inside*, uma vez que se pretende remover a área dentro do polígono de máscara.

2. Como *Clipping geometry* use a camada **Mask_Terra_SAR** (disponível na pasta do exercício 7).

3. Selecione a opção *Use Input Features for Clipping Geometry*, para que a máscara utilize os contornos do polígono.

- c. Uma vez definido o valor de *threshold* proceder à classificação da imagem usando a ferramenta *Reclassify* do *3D Analyst* (no ArcToolbox). Use duas classes e novos valores de 1 – navio e 0 – não navio. Active a opção *Change missing values to Nodata*. Tenha em atenção que valores de 0 na imagem SAR correspondem a *NoData*.
- d. Limpar a imagem usando um filtro apropriado se achar necessário.
- e. Reclassificar a imagem filtrada de forma a obter as embarcações representadas a 1 e os restantes como *NoData*.
- f. Salvar a imagem *raster* final com o nome **Navios**.
- g. Transformar a imagem de formato *raster* para formato vetorial polígonos.
 Use a ferramenta *Raster to Polygon* (*Conversion tools* do *ArcToolbox*).

2.5 Produção de cartografia e disponibilização a terceiros

A produção de mapas temáticos é um dos objetivos da cartografia de emergência. A sua disponibilização a terceiros pode efetuar-se, não só em formato *raster* ou vetorial mas, também em formato PDF. Desta forma, proceder-se-á à produção de um mapa com a área afetada pelo derrame e disponibilizar-se-á em formato PDF com informação geográfica associada.

- a. Representar a mancha de petróleo identificada na imagem SAR através de um mapa semelhante ao da Figura 1.
- b. Exportar o mapa em formato PDF: File ► Export Map. Escolha o tipo de ficheiro PDF e assegure-se que a opção Export Map Georeference Information se encontra selecionada (em Options, separador Advanced).

2.6 Visualização da informação geográfica incluída nos ficheiros PDF Os documentos PDF podem conter uma grande quantidade de informação extra, nomeadamente podem incluir atributos com informação de natureza geográfica.

- a. Abrir o ficheiro PDF anteriormente criado no Adobe Acrobat Reader DC.
- b. O ficheiro gravado neste formato permite, por exemplo, ver as camadas usadas no nosso mapa através do botão los . Verificar as camadas presentes no mapa colocando cada uma deles visível/invisível (botão).
- c. No separador *Tools* clicar em *Measure*¹.

¹ Em versões *Adobe Acrobate Reader* mais antigas, estas ferramentas estão disponíveis em: *Edit ► Analysis Tools* e permita que as opções *Object Data Tool* e *Geospatial Location Tool* estejam ativas. No *Adobe Acrobat Pro* estão disponíveis em: Tools ► Analysis; existindo uma ferramenta adicional que permite efetuar medições sobre o mapa.

- d. De seguida clicar na ferramenta *Geospatial Location Tool*. A ferramenta vai exibir as coordenadas em latitude e longitude, à medida que o cursor se move sobre o mapa.
- e. Clicar na ferramenta de medição (*Measurement Tool*). Esta ferramenta permite traçar um segmento e calcular a distância² (em km) entre dois pontos.

Imagine que faz parte de uma entidade que terá de programar voos de monitorização da mancha de óleo:

1. Escolher um local na costa e calcular a distância até à zona afetada mais longínqua. Estimar a autonomia mínima (em distância) que um aparelho deve ter para fazer o reconhecimento da mancha?



Service Layer Credits: Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, I-cubed, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

Figura 1 - Mapa temático da localização do derrame de petróleo ao largo da costa da Galiza.

² Para alterar as unidades de medição poderá carregar com o BLDR sobre o PDF e em Preferências configurar as diferentes unidades.

PRODUCT ID	ASA_WSM_1P		
NAME	ASAR wide swath standard image		
DESCRIPTION	ASAR product generated from Level 0 data collected when the		
	instrument is in wide swath mode.		
	The product includes slant range to ground range corrections per		
	definition.		
	The product covers a continuous area along the imaging swath.		
COVERAGE	400 km * 400 km(approximately) for a scene; 400 km * 4000 km		
	max for a stripe		
GEOMETRIC RESOLUTION	approximately 150 m * 150 m		
RADIOMETRIC RESOLUTION	Product ENL > 11.5		
PIXEL SPACING	75 m * 75 m		
SIZE	59 Mbytes for a scene		
	584 Mbytes for a stripe		
DATASET	each product scene containing the following:		
	 header MPH + SPH 		
	(2) 5400 data records		
	(3) 5450 samples/record		
	(4) 2 bytes/sample		
AUXILIARY DATA	Orbit state vector . Time correlation parameters. Main Processing		
	parameters ADS, Doppler Centroid ADS, Chirp ADS, Antenna		
	Elevation Pattern ADS, SR/GR ADS, Geolocation Grid ADS, SQ		
	ADS		
INTERNAL CALIBRATION	For the purpose of calibration		
	1. Data I/Q correction		
	2. Replica construction		
	3. Calibration pulse processing		
	 Elevation gain function calculation 		
	5. Noise power estimation		

 Tabela 1 - Características da imagem ASAR_WSM_1P. Retirado de:

 http://envisat.esa.int/services/sample_products/asar/asar_sample_prducts.pdf







Exercício 8 DADOS MULTIDIMENSIONAIS

Objetivos

O objetivo deste exercício é representar dados de natureza multidimensional em formato NetCDF em ArcMap. Neste exercício pretende-se representar a variação espacial da temperatura superficial no Atlântico Norte entre 1979 e 2013.

A. INTRODUÇÃO - FORMATO NETCDF

NetCDF (*Network Common Data Form*) é um formato de arquivo projetado para suportar a criação, acesso e partilha de dados científicos, muito utilizado pelos geocientistas, especialmente nas comunidades que gerem dados atmosféricos e oceanográficos para armazenar variáveis (temperatura, pressão, velocidade do vento, altura de onda, etc.).

O ArcGIS pode ler um ficheiro NetCDF em três formatos diferentes: *raster, feature* ou tabela, de forma nativa, i.e., sem necessidade de conversão dos dados. No entanto, os ficheiros NetCDF não são adicionados ao georreferencial através do botão *Add* Data \blacklozenge , sendo, em vez disso, necessário utilizar as ferramentas disponíveis na caixa de ferramentas *Multidimension Tools*, ou em alternativa arrastar um ficheiro NetCDF do *Windows Explorer* diretamente para a aplicação.

B. AQUISIÇÃO DE DADOS

O portal "COPERNICUS MARINE ENVIRONMENT MONITORING SERVICE - <u>http://marine.copernicus.eu/</u> constituiu um importante repositório de dados oceanográficos a nível europeu. "Marine data is an engine for "smart and sustainable growth" in the European Union, as stated in the recent Marine Knowledge 2020 EC Communication. The Copernicus Marine Service has been designed to respond to issues emerging in the environmental, business and scientific sectors. Using information from both satellite and in situ observations, it provides state-of-the-art analyses and forecasts daily, which offer an unprecedented capability to observe, understand and anticipate marine environment events."

1. Descarregar a informação da temperatura superficial do oceano do Portal *Copernicus*

- a. Navegar até ao endereço (http://marine.copernicus.eu/)
- b. No catálogo *online* (botão *Online Catalogue*) pesquisar dados para o oceano global que incluam uma série temporal superior a 20 anos.
- c. Do conjunto de dados disponíveis escolher os referentes ao "GLOBAL OCEAN PHYSICS REANALYSIS ECMWF ORAP5.0 (1979-2013)".

Estes dados correspondem a uma reanálise do oceano global produzida pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) como uma contribuição ao projeto MyOcean2. O Produto **ORAP5.0** cobre o período de1-jan-79 a 31-dez-2013 e foi produzido com a versão 4.3 do modelo NEMO com uma resolução horizontal de 0.25º e 75 níveis na vertical.

- d. Selecionar o carrinho de compras (*ADD TO CART*) e, em seguida, escolher a opção *download*.
- e. Em *Dataset* escolher a opção "GLOBAL-REANALYSIS-PHYS-001-017-RAN-UK-ORAP5.0-SST"
- f. Na área geográfica escolher a opção *North Atlantic* e em *Start Date* selecionar 16-01-1979; deixar as outras opções nos valores pré-definidos.
- g. Fazer o *download* da imagem (canto superior direito).

C. REPRESENTAÇÃO DOS DADOS EM ARCMAP

2. Abrir o ficheiro descarregado no ArcMap arrastando-o para a área do mapa

- a. Nas propriedades do tema, separador NetCDF, escolher a variável que lhe parecer mais adequada.
- b. Alterar o esquema de cores para uma gradação mais percetível (Figura 1).



Figura 1 - Exemplo de representação da temperatura do oceano superfícial a partir de um ficheiro NetCDF.

D. REPRESENTAÇÃO DA VARIAÇÃO TEMPORAL

3. Ativar as funcionalidades de tempo disponíveis para camadas de dados com atributos temporais

- a. No separador *Time*, da caixa de propriedades da camada, ativar o campo *Enable time on this layer*.
- b. Preencher os diferentes campos referentes a *Time Properties* e fazer Aplicar.

4. No menu de ferramentas do seu projeto, ative a ferramenta de visualização de dados temporais *Time Slider*, carregando no icon 💿 :



- a. Observar a variação espácio-temporal dos dados explorando as diferentes opções de *Time Slider*.
- b. Explorar as opções de visualização carregando no botão *Options* do *Time Slider*, para p.ex. ver as variações de temperatura com uma frequência mensal e com a apresentação da data no seu referencial.

5. Exportar a variação espácio-temporal para vídeo (opcional):

 a. Alterar a visualização para uma menor frequência de visualização e gravar um vídeo com a variação espácio-temporal da temperatura do oceano à superfície carregando no botão *Export to vídeo* .





NILU

egian Institute for Water Research

Non

DE ÉVORA



CONHECIMENTO PARA A GESTÃO DO AMBIENTE MARINHO